

ANNÉE 1957

THÈSE

N° 713

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

MÜLLER Alain Jean

né le 7 novembre 1925 à Vincennes, Seine  
Externe des Hôpitaux de Paris

Présentée et soutenue publiquement le 19

INDICATIONS PRATIQUES

de la

BALISTOGRAPHIE EN CLINIQUE

Président : M. MOUQUIN , Professeur.

Editeur : Publications ESTOUP  
47, rue du Château-des-Rentiers  
PARIS 13ème



FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

---

ANNÉE 1957

THÈSE

N° \_\_\_\_\_

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

MÜLLER Alain Jean

né le 7 novembre 1925 à Vincennes, Seine

Externe des Hôpitaux de Paris

Présentée et soutenue publiquement le \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_\_

INDICATIONS PRATIQUES

de la

BALISTOGRAPHIE EN CLINIQUE

Président : M. MOUQUIN , Professeur.

Editeur : Publications ESTOUP  
47, rue du Château-des-Rentiers  
PARIS 13ème

## PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Bénard (H.), Brocq (P.), Bulliard (H.), Cadenat (F.), Carnot (P.), Chabrol (Et.), Champy (C.), Chevassu (M.), Debré (R.), Delbet (P.), Donzelot (E.), Gastinel (P.), Guillaïn (G.), Halphen (E.), Harvier (P.), Laroche (G.), Laubry (Ch.), Lemaître (F.), Lévy-Solal (E.), Lhermitte (J.), Lian (C.), Loeper (M.), Marion (G.), Mathieu (P.), Mocquot (P.), Mondor (H.), Mulon (P.), Olivier (E.), Richet (Ch.), Sannié (Ch.), Sézary (A.), Tanon, (L.), Velter (E.).

DOYEN . . . . . Léon BINET.

*Membre de l'Institut*

ASSESEUR. . . . . Jean VERNE.

### I. — PROFESSEURS

|                                                                                    | MM.                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Anatomie. . . . .                                                                  | CORDIER (G.)                          |
| Anatomie pathologique . . . . .                                                    | DELARUE (A.)                          |
| Bactériologie. . . . .                                                             | FASQUELLE (R.)                        |
| Biochimie médicale. . . . .                                                        | JAYLE (M. F.)                         |
| Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports . . . . .                  | CHAILLEY-BERT (P.)                    |
| Biologie médicale. . . . .                                                         | FAUVERT (R.)                          |
| Cancérologie médicale et sociale . . . . .                                         | BERNARD (J.)                          |
| Clinique de cardiologie . . . . .                                                  | MOUQUIN (M.)                          |
| Cliniques chirurgicales . . . . .                                                  | Beaujon . . . . . SICARD (A.)         |
|                                                                                    | Cochin . . . . . QUÉNU (J.)           |
|                                                                                    | Hôtel-Dieu . . . . . MÉNÉGAUX (G.)    |
|                                                                                    | Salpêtrière . . . . . MOULONGUET (P.) |
| Clinique chirurgicale réparatrice et orthopédique . . . . .                        | MERLE D'AUBIGNÉ (R.)                  |
| Clinique de chirurgie cardio-vasculaire . . . . .                                  | de GAUDART-D'ALLAINES (F.)            |
| Clinique de chirurgie infantile et orthopédie . . . . .                            | FÈVRE (M.)                            |
| Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire . . . . .                                  | MONOD (R.)                            |
| Clinique gynécologique . . . . .                                                   | FUNCK-BRENTANO (P.)                   |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques . . . . .                          | DEGOS (R.)                            |
| Clinique des maladies des enfants . . . . .                                        | CATHALA (J.)                          |
| Clinique des maladies infectieuses . . . . .                                       | MOLLARET (P.)                         |
| Clinique des maladies mentales et de l'encéphale . . . . .                         | DELAY (J.)                            |
| Clinique des maladies métaboliques. . . . .                                        | HAMBURGER (J.)                        |
| Clinique des maladies du sang . . . . .                                            | CHEVALLIER (P.)                       |
| Clinique des maladies du système nerveux . . . . .                                 | ALAJOUANINE (T.)                      |
| Cliniques médicales . . . . .                                                      | Bichat . . . . . JUSTIN-BESANÇON (L.) |
|                                                                                    | Broussais . . . . . DE GENNES (L.)    |
|                                                                                    | Cochin . . . . . MOREAU (R.)          |
|                                                                                    | Hôtel-Dieu . . . . . BARIÉTY (M.)     |
| Clinique médicale d'hydro-climatologie thérapeutique . . . . .                     | DEBRAY (C.)                           |
| Clinique médicale propédeutique . . . . .                                          | PASTEUR VALLERY-RADOT (L.)            |
| Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition . . . . . | BOULIN (R.)                           |
| Clinique de neuro-chirurgie . . . . .                                              | PETIT-DUTAILLIS (D.)                  |
| Cliniques obstétricales . . . . .                                                  | Baudelocque . . . . . LACOMME (M.)    |
|                                                                                    | Port-Royal . . . . . VARANGOT (J.)    |
| Clinique d'obstétrique et de gynécologie. . . . .                                  | LANTUEJOUL (P.)                       |
| Clinique ophtalmologique . . . . .                                                 | RENARD (G.)                           |
| Clinique oto-rhino-laryngologique . . . . .                                        | AUBIN (A.)                            |
| Clinique de pneumo-phthisiologie . . . . .                                         | BERNARD (E.)                          |
| Clinique psychiatrique infantile . . . . .                                         | HEUYER (G.)                           |
| Clinique de puériculture. . . . .                                                  | LELONG (M.)                           |
| Clinique rhumatologique médicale et sociale. . . . .                               | COSTE (F.)                            |
| Clinique stomatologique. . . . .                                                   | DECHAUME (M.)                         |
| Clinique thérapeutique chirurgicale . . . . .                                      | SÉNÈQUE (J.)                          |
| Clinique thérapeutique médicale . . . . .                                          | LEMAIRE (A.)                          |
| Clinique urologique. . . . .                                                       | FEY (B.)                              |
| Embryologie. . . . .                                                               | GIROUD (A.)                           |
| Génétique médicale . . . . .                                                       | LAMY (M.)                             |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie . . . . .                               | SOULIÉ (P.)                           |
| Histologie. . . . .                                                                | VERNE (J.)                            |

|                                                                                       |     |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------|
| Hygiène et clinique de la première enfance . . . . .                                  | MM. | TURPIN (R.)      |
| Hygiène et médecine préventive . . . . .                                              |     | JOANNON (O.)     |
| Médecine légale . . . . .                                                             |     | PIÉDELIEVRE (R.) |
| Médecine du Travail . . . . .                                                         |     | DESOILLE (H.)    |
| Parasitologie et histoire naturelle médicale . . . . .                                |     | GALLIARD (H.)    |
| Pathologie chirurgicale . . . . .                                                     |     | COUVELAIRE (R.)  |
| Pathologie exotique . . . . .                                                         |     | LAVIER (G.)      |
| Pathologie expérimentale et comparée . . . . .                                        |     | LENÈGRE (J.)     |
| Pathologie humorale et immunologie expérimentale (chaire à titre personnel) . . . . . |     | MERKLEN (F.)     |
| Pathologie médicale . . . . .                                                         |     | DECOURT (J.)     |
| Pathologie et thérapeutique générales . . . . .                                       |     | GARCIN (J.)      |
| Pédiatrie sociale . . . . .                                                           |     | MARIE (J.)       |
| Pharmacologie et matière médicale . . . . .                                           |     | HAZARD (R.)      |
| Physico-chimie médicale (Chaire à titre personnel) . . . . .                          |     | DOGNON (A.)      |
| Physiologie . . . . .                                                                 |     | BINET (L.)       |
| Physique médicale . . . . .                                                           |     | STROHL (A.)      |
| Radiologie médicale . . . . .                                                         |     | DESGREZ (H.)     |
| Technique chirurgicale . . . . .                                                      |     | PATEL (J.)       |
| Thérapeutique . . . . .                                                               |     | BROUET (G.)      |

## II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE MAITRES DE CONFÉRENCES-AGRÉGÉS ET AGRÉGÉS

| MM.                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | MM.                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anatomie . . . . .               | { DELMAS (A.), pr. s. ch.<br>CABROL (G.)<br>DEBEYRE (J.)<br>OLIVIER (G.)<br>GAUTHIER-VILLARS (Mlle P.)                                                                                                                                                                                                    | Pathologie chirurgicale . . . . .  | { DUBOST (O.)<br>FAUREL (J.)<br>FLABEAU (F.)<br>GERMAIN (A.)<br>GOSSET (J.)<br>LAURENCE (G.)<br>LORTAT-JACOB (J.)<br>MATHEY (J.)<br>OLIVIER (Cl.)<br>POILLEUX (F.)<br>THOMERET (G.)<br>VERNE (J. M.)                                                                                                                                                      |
| Anatomie pathologique . . . . .  | { pr. s. ch.<br>BUSSER (F.)<br>GOUYGOU (Ch.)                                                                                                                                                                                                                                                              | Pathologie expérimentale . . . . . | { LÉPER (J.)<br>MAURICE (P.)<br>BOUDIN (G.)<br>BOUVIER (J.B.)<br>BRICAIRE (H.)<br>BRISSAUD (H.)<br>CASTAIGNE (P.)<br>CONTE (M.)<br>DEROT (M.)<br>DOMART (A.)<br>LAMOTTE (M.)<br>LAROUCHE (C.P.)<br>MACREZ (C.)<br>MILLIEZ (P.)<br>PÉQUIGNOT (H.)<br>PERRAULT (M.)<br>RAMBERT (P.)<br>ROYER (P.)<br>THIEFFRY (St.)<br>TURIAF (J.)<br>WOLFROMM (R.)<br>N... |
| Bactériologie . . . . .          | { NÉVOT (A.) pr. s. ch.<br>CHRISTOL (D.)<br>ETTORI (J.), pr. s. ch.                                                                                                                                                                                                                                       | Pathologie médicale . . . . .      | { MACREZ (C.)<br>MILLIEZ (P.)<br>PÉQUIGNOT (H.)<br>PERRAULT (M.)<br>RAMBERT (P.)<br>ROYER (P.)<br>THIEFFRY (St.)<br>TURIAF (J.)<br>WOLFROMM (R.)<br>N...                                                                                                                                                                                                  |
| Biochimie médicale . . . . .     | { DESGREZ (P.)<br>POLONOVSKI (J.)<br>SCHAPIRA (R.)                                                                                                                                                                                                                                                        | Pédiatrie . . . . .                | { JOSEPH (R.)<br>NOZZICONACI (P.)<br>POLONOVSKY (Cl.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Biologie médicale . . . . .      | { BOURLIÈRE (F.)<br>DUPERRAT (F.)                                                                                                                                                                                                                                                                         | Pharmacologie . . . . .            | { CHEYMOL (J.), pr. s. ch.<br>LEVY (Mlle J.), pr. s. ch.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Dermato-Syphiligraphie . . . . . | { TUCHMANN-DUPLESSIS (R.)                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Physiologie . . . . .              | { BARJETON (D.), pr. s. ch.<br>PARROT (J.), pr. s. ch.<br>DEJOURS (P.)                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Embryologie . . . . .            | { COUJARD (R.)<br>N...                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Physique médicale . . . . .        | { DUCURNO (A.), pr. s. ch.<br>GOUGEROT (L.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Histologie . . . . .             | { N...                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Pneumo-Phthisiologie . . . . .     | { KREIS (B.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Hydrologie . . . . .             | { CORNET (A.)                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Psychiatrie . . . . .              | { PICHOT (P.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Hygiène . . . . .                | { BOYER (J.), pr. s. ch.<br>DEPARIS (M.), pr. s. ch.                                                                                                                                                                                                                                                      | Psychiatrie infantile . . . . .    | { MICHAUX (L.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Maladies infectieuses . . . . .  | { BASTIN (R.)                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Rhumatologie . . . . .             | { DELBARRE (F.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Médecine légale . . . . .        | { DEROBERT (L.), pr. s. ch.<br>GAULTIER (M.)<br>HADENGUE (A.)                                                                                                                                                                                                                                             | Stomatologie . . . . .             | { CERNÉA (P.)<br>CHAPUT (Mme A.)<br>CHASSAGNE (P.)<br>KUSS (R.)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Médecine du travail . . . . .    | { ALBAHARY (C.)                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Thérapeutique . . . . .            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Neuro-chirurgie . . . . .        | { DAVID (M.)                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Urologie . . . . .                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Neurologie . . . . .             | { LHERMITTE (F.)<br>GRASSET (J.)<br>LE LORIER (G.)<br>LEPAGE (F.)<br>MERGER (R.)<br>MORIN (P.)<br>RAVINA (J.)<br>ROBEY (M.)<br>BRÉGEAT (P.)<br>DESIGNES (P.)<br>JUDET (R.)<br>AUBRY (M.)<br>MADURO (R.)<br>BRUMPT (L.G.)<br>CHABAUD (A.)<br>ABOULKER (P.)<br>BARCAT (J.)<br>BAUMANN (J.)<br>CAUCHOIX (J.) |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

### III. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent.

|                             | MM. |                           | MM.                                      |
|-----------------------------|-----|---------------------------|------------------------------------------|
| Clinique chirurgicale . . . | {   | AMELINE (A.)              | Clinique neurologique . . . DE SÈZE (S.) |
|                             |     | HUGUIER (J.)              | Clinique obstétricale . . . MAYER (M.)   |
|                             |     | LÉGER (L.)                | Clinique ophtalmologique . . OFFRET (G.) |
|                             |     | PADOVANI (P.)             | Clinique pédiatrique . . . LAPLANE (R.)  |
|                             |     | ROUX (M.)                 | Clinique psychiatrique . . . BARUK (H.)  |
| Clinique médicale . . . . . | {   | DREYFUS (Gilbert)         |                                          |
|                             |     | HAGUENAU (J.), pr. s. ch. |                                          |
|                             |     | KOURILSKY (R.)            |                                          |
|                             |     | MARCHAL (G.)              |                                          |

Secrétaire général de la Faculté. . . . . M. MOREL (J.)  
Secrétaire . . . . . Mlle CHAINTREUIL (G.)

|                                               |                                                                    |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Conservateur, chargé de la direction. . . . . | M. le Docteur HAHN (A.)                                            |
| Conservateur. . . . .                         | Mlle GOICHON (A.)                                                  |
| Bibliothécaires . . . . .                     | Miles DUMAITRE (P.), LAURENT (H.),<br>LE NOIR (G.), QUIÉVREUX (E.) |

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

INDICATIONS PRATIQUES  
de la  
BALISTOGRAPHIE EN CLINIQUE

---

SOMMAIRE

|                                                             | Page |
|-------------------------------------------------------------|------|
| - Définition . . . . .                                      | 11   |
| - Historique . . . . .                                      | 11   |
| - Fonctionnement . . . . .                                  | 15   |
| - Chronologie du balistocardiogramme normal . . . . .       | 15   |
| - Causes d'erreurs en balistographie . . . . .              | 19   |
| - Le balistocardiogramme pathologique . . . . .             | 23   |
| - Etude du pronostic . . . . .                              | 30   |
| - Intérêt de l'utilisation du balistocardiogramme . . . . . | 31   |
| - Bibliographie . . . . .                                   | 34   |

---

A LA MEMOIRE DE :

Mon Grand-Père  
Le Docteur Paul MÜLLER  
Ancien externe des hôpitaux de Paris

Mon Oncle  
Le Docteur Albert LE BLANC  
Médecin des hôpitaux de Paris

Mes Grands-Pères par alliance  
Le Docteur Alain Noël LE GALL  
Le Docteur Joseph LE GALL

A mon Père

M. le Docteur Jean MÜLLER

Ancien externe des hôpitaux de Paris

Membre du Conseil Régional de l'Ordre des Médecins

(Région de Paris)

*Bien modeste témoignage de mon affectueuse reconnaissance.*

A mon Beau-Père

M. le Docteur Roger LE GALL

*Témoignage de ma respectueuse gratitude.*

A mon Beau-Frère

M. le Docteur Joseph LE GALL

A ma Grand-mère

A ma Mère

*Avec toute ma tendresse reconnaissante.*

A ma Femme

*Avec ma profonde affection.*

A ma Fille

A mon Frère

Meis Et Amicis

A notre Président de Thèse  
M. le Professeur MOUQUIN  
Professeur de Clinique de Cardiologie

*Qui nous a fait le très grand honneur d'accepter la  
présidence de cette thèse.*

*Hommage de notre respectueuse reconnaissance.*

A Monsieur le Docteur POUMAILLOUX  
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine

*Nous dédions cette thèse qu'il nous a inspirée, com-  
me un faible témoignage de notre profonde reconnais-  
sance. Nous le prions de croire à notre attachement  
affectueux et à notre entier dévouement.*

A notre Maître  
Monsieur le Docteur GUENIN  
Chirurgien de l'hôpital Saint-Antoine

*Témoignage de notre profonde gratitude et de notre  
respectueux attachement.*

A Monsieur le Docteur Charles MOTZ

*Témoignage de reconnaissance pour l'affectueuse  
sympathie qu'il nous a toujours manifestée.*

A Nos Maîtres Dans Les Hôpitaux

STAGE

M. le Professeur CADENAT

M. le Professeur LOEPER

M. le Professeur SOULIE

M. le Professeur BARIETY

M. le Docteur MARQUEZY

EXTERNAT

M. le Docteur BROCARD

M. le Docteur ABOULKER (Paul)

M. le Professeur Agrégé Pierre ABOULKER

M. le Docteur POUMAILLOUX

M. le Docteur GUENIN

M. le Docteur GRENET

M. le Docteur POUMAILLOUX

## DEFINITION

La balistocardiographie est l'enregistrement des déplacements du corps tout entier provoqué par la révolution cardiaque et le cheminement de l'onde sanguine dans l'arbre artériel.

De nombreux facteurs entrent en jeu :

- 1°) L'état du cœur lui-même et surtout la valeur "mécanique" de sa contraction dont cette méthode est un puissant moyen d'étude.
- 2°) L'état des artères, l'aorte et l'artère pulmonaire avant tout, mais aussi des artères périphériques.
- 3°) La masse sanguine, sa répartition dans l'organisme.
- 4°) Enfin l'ensemble des autres viscères, le squelette, les muscles, le tissu cellulaire sous-cutané, par lesquels sont transmises les "forces" qui déterminent le mouvement étudié.

## HISTORIQUE

On ne peut manquer de rappeler la première observation qui, selon toute vraisemblance, donna naissance à ce mode d'investigation clinique.

Gordon, médecin écossais, au cours d'une nuit d'insomnie en 1877, entendit un grincement rythmé des ressorts de son lit. Cet excellent observateur remarqua que ce bruit était synchrone à son pouls et, dès le lendemain, étudia et essaya d'enregistrer ce phénomène. La balistographie était née. Il a fallu attendre 28 ans pour voir paraître une nouvelle observation. C'est Henderson qui reprit cette méthode ; il espérait avoir trouvé dans celle-ci un moyen précieux pour l'étude de l'hémodynamique et le calcul du débit cardiaque.

En réalité, il faut attendre 1936 pour voir poser les véritables fondements de cette investigation clinique ; et l'on peut dire que c'est à Isaac Starr que revient tout le mérite d'avoir créé la balistographie. Depuis cette date, observations, rapports, techniques et appareils se multiplient dans tous les pays du monde.

En France, il semble que peu de cardiologues aient particulièrement travaillé cette question, hormis le professeur Donzelot et ses élèves, surtout Milovanovitch ; enfin, J.F. Merlen, assistant des hôpitaux de Lille, qui vient de faire paraître un livre fort intéressant qui a réduit considérablement la matière de ce mémoire.

Il semble intéressant, au cours de ce rapide historique, de parler de quelques-uns des appareils utilisés.

Avant tout, rappelons qu'il s'agit d'enregistrer un mouvement périodique synchrone au pouls de très faible amplitude, du 1/10 de micron au 1/10 de millimètre. Il faut donc d'abord transformer ce mouvement en signal par l'intermédiaire d'un lecteur ; le "courant" ainsi obtenu étant de très faible intensité, on l'amplifie à l'aide d'un préamplificateur directement relié à l'enregistreur.

Cet inscripteur est le plus souvent un électrocardiographe classique, si possible à double dérivation, pour avoir un rapport chronologique précis en enregistrant simultanément le B.C.G. et un autre phénomène de référence : E.C.G., piézoigramme, phonocardiogramme, phlébogramme, etc...

La transformation du mouvement à enregistrer en un signal électrique peut se faire de deux façons ; soit directement, en fixant le lecteur sur une partie quelconque du sujet qui repose alors sur un support fixe ; soit indirectement, en enregistrant le mouvement du corps transmis à un support mobile ou table sur lequel il se trouve allongé.

La plupart des auteurs prélèvent des tracés étudiant les déplacements dans le sens longitudinal, mais on peut et l'on devrait prélever des tracés dans les trois plans.

De nombreuses tables ont été étudiées, tant pour les expérimentations de laboratoires que pour les besoins de la clinique courante.

Starr a créé en 1939 une table oscillante légère supportée par quatre ressorts puissants. Le nom même de cette "table oscillante" indique qu'au tracé viennent se surajouter des oscillations qui risquent de se superposer aux ondes du B.G. et perturber la courbe originale. Cette table dite à haute fréquence et non amortie, oscille avec un rythme de 14 cycles/seconde à vide et, chargée du patient, autour de 4 à 6 cycles/seconde. Outre les phénomènes de distorsions qui ne peuvent être évités par aucun appareil jusqu'ici existant, cette table entraîne déphasage, différenciation et distorsion d'amplitude, en fonction de la fréquence.

Nickerson et Curtis ont construit en 1944 une table dérivant du principe précédent mais qui, chargée du patient, n'a plus qu'une fréquence propre de 1,25 à 1,50 cycle par seconde, grâce à un amortissement à huile. Ce système a pour but d'essayer d'obtenir pour l'ensemble mécanique constitué par le patient et la table un amortissement critique permettant de supprimer les oscillations parasites signalées précédemment.

Cette table offre plusieurs inconvénients : son réglage est fort long, très délicat et doit être effectué pour chaque patient. Enfin les phénomènes thermiques agissant sur la fluidité des huiles, ces tables sont d'un maniement délicat, donnant des tracés souvent suramortis.

Il faut aussi noter que les tables à basse fréquence sont sensibles aux mouvements respiratoires. Les tracés sont donc pris en apnée et par conséquent ne sont pas enregistrés dans des conditions physiologiques, et d'autre part,

nous privent des renseignements cliniques fournis par les variations respiratoires de la courbe ; et enfin, elles créent des distorsions d'amplitude, déphasage et supprime les composantes de haute fréquence.

De nombreuses tables ont été construites à partir des normes fournies par ces deux derniers appareils. Signalons parmi elles :

L'appareil de Jonnart (1952). Table à basse fréquence (0,5 hertz) en charge, amortie au point critique.

La table de Braunstein, Gouldy et Gelker, qui enregistre les composantes longitudinales et transversales du mouvement.

La table de Scarborough, Franz, Blau et de leurs collaborateurs, qui enregistre les trois composantes.

Dock et Taubman se sont attachés particulièrement à l'enregistrement direct des mouvements en faisant reposer le sujet sur une table rigide fixe, sur laquelle il oscille grâce à l'élasticité propre de ses tissus.

Cet appareil a l'avantage d'être de réalisation simple et de pratique courante extrêmement rapide et facile. L'appareil de Dock comporte essentiellement un lecteur de type électromagnétique composé d'une barre transversale, légère, que l'on fixe sur les jambes du patient et supportant un aimant droit, d'une part, et d'autre part, une bobine reliée directement à l'amplificateur et qui repose sur le plan du lit d'expérience.

Les critiques les plus virulentes contre ce procédé ont été faites par les partisans des tables amorties au point critique. Ils lui reprochent son peu de fidélité : amplitude augmentée aux composantes de haute fréquence, un certain degré de différenciation qui approfondit l'onde K et un déphasage entraînant un retard dans l'apparition des ondes. L'amortissement fourni par le corps humain étant de 0,2 de la valeur critique, est certainement insuffisant par rapport aux fréquences étudiées.

Mais les autres appareils ayant, comme nous l'avons vu, des inconvénients au moins aussi grands, il n'en reste pas moins que la technique de Dock est une excellente technique de pratique journalière. Donc l'appareil de Dock est essentiellement un lecteur et ceci nous amène à parler des lecteurs en général. Eux aussi sont nombreux et variés, mais suivant leur type, donnent des renseignements différents.

On peut ainsi enregistrer directement :

*Le déplacement* par un système photoélectrique, la barre de Dock venant couper un rayon lumineux qui frappe normalement la surface photosensible d'une cellule photoélectrique, le courant produit est alors proportionnel au déplacement. Le même renseignement est fourni par les systèmes piézo-électriques, la compression des cristaux donnant un courant proportionnel au déplacement.

*La vitesse* de ce déplacement est fournie par les systèmes électromagnétiques ; l'intensité du courant induit produit par le déplacement de l'aimant par rapport à la bobine, ou vice-versa, est proportionnelle à la vitesse de ce déplacement.

*L'accélération* serait la meilleure résultante à enregistrer car elle reflèterait directement la "force", source du phénomène étudié ; mais les accéléromètres sont des appareils très sensibles, difficilement applicables à la Balistographie.

De toute façon, il est facile de passer théoriquement de l'un à l'autre, *la vitesse* étant la première dérivée du déplacement et *l'accélération* la seconde dérivée. Le calcul permet cette transition ; ce passage peut aussi se faire directement d'un système à l'autre, par l'emploi de réseaux électroniques, mais en introduisant une nouvelle source de distorsions et des signaux parasites.

L'appareil dont nous nous sommes servi pour acquérir une certaine expérience en Balistographie est dérivé du système de Dock. C'est aussi un système électromagnétique, mais assez différent du principe initial. Nous avons essayé de réduire au minimum la masse du lecteur.

Il comporte :

- Une barre en matière plastique, légère mais rigide, que l'on pose transversalement sur les crêtes tibiales du patient. Cette barre supporte une tige qui lui est perpendiculaire, aussi en matière plastique et elle-même se terminant par une passe de fer doux.

Ce noyau de fer doux de forme carrée, légèrement arrondi aux angles de deux centimètres de côté est d'une épaisseur de 1 millimètre.

- Le lecteur proprement dit est composé d'un petit aimant permanent prolongé de deux pièces de fer doux. Sur ces deux pièces, les deux bobines sont montées en série, supportant 2 fils de sortie, positif et négatif, qui, par l'intermédiaire d'un câble coaxial, sont reliés directement au préamplificateur, que ce dernier soit ou non partie intégrante de l'enregistreur électrocardiographique.

Cet aimant est enfermé dans une boîte en aluminium possédant une fenêtre qui laisse paraître les deux bornes des prolongements de fer doux. La boîte est reliée à la masse par l'intermédiaire de la gaine extérieure du fil coaxial. Les deux bornes sont recouvertes chacune d'une couche mince de papier collé sur la surface plane de cette borne et qui a pour but d'éviter tout contact direct lors d'une manipulation de l'appareil ou d'un faux mouvement du malade ; entre le fer doux et l'électro-aimant, le circuit de fermeture ainsi réalisé risquerait en effet d'altérer gravement le galvanomètre de l'inscripteur.

- Le lecteur est placé sur la potence horizontale d'un pied lourd à hauteur réglable dont la fabrication doit être très soignée, car il ne doit être la source d'aucune vibration, tant sur le bras vertical sur lequel coulisse le bras horizontal, que sur le bras horizontal lui-même.
- Notre pied se compose :

D'une gueuse de fonte de 4 kgs, supportant un tube vertical de 40 cms de haut, de 2 cms de diamètre, sur lequel coulisse un tube strictement concentrique d'une dizaine de centimètres de haut ; sur ce dernier est

fixé le bras horizontal en bronze d'aluminium ; c'est lui qui supporte le lecteur.

- Enfin signalons que nous avons placé en dérivation sur les fils de sortie une capacité de 25 microfarads pour éliminer les tremblements pathologiques ; mais un coupe-circuit nous permet de faire fonctionner cet appareil sans ce filtre dont nous nous servons le moins souvent possible.

## FONCTIONNEMENT

Le malade est étendu sur le lit d'expérience, en l'occurrence un ou deux matelas superposés peuvent fort bien servir.

Le pied repose par terre. On met le noyau de fer doux à 2 millimètres des pièces de fer doux de l'aimant. Il faut faire en sorte que les surfaces de ces deux éléments soient parallèles et, si le parallélisme est insuffisant, on peut, soit surélever les pieds du patient par une réglette en bois posée sous les tendons d'Achille, soit glisser un peu de coton sous le bord distal de la barre de plastique.

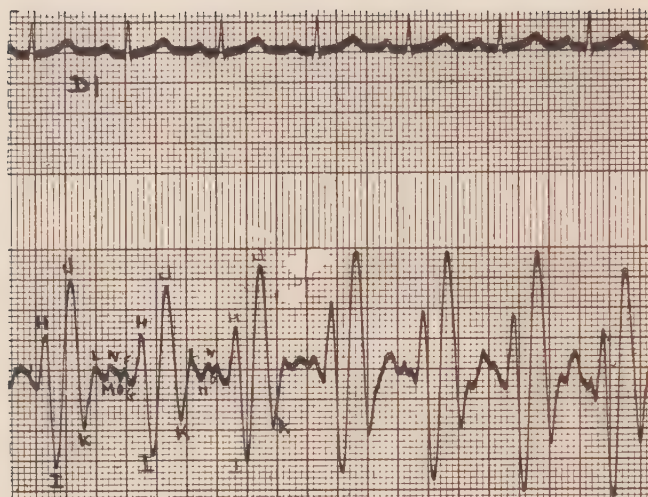
La méthode de Dock et de ses collaborateurs nous a donc paru la plus pratique, tant pour sa réalisation que pour son maniement en clinique journalière. Avant d'envisager ses applications et les indications les plus courantes de son emploi, avant de noter les renseignements d'ordre clinique capables de nous aider à fixer un diagnostic ou de nous orienter vers l'établissement d'un pronostic, il faut fixer les limites de son utilisation en envisageant les causes d'erreurs capables de transformer la courbe originelle.

Il est donc utile de rappeler d'abord la morphologie, la chronologie et l'interprétation du tracé dit Normal.

## CHRONOLOGIE

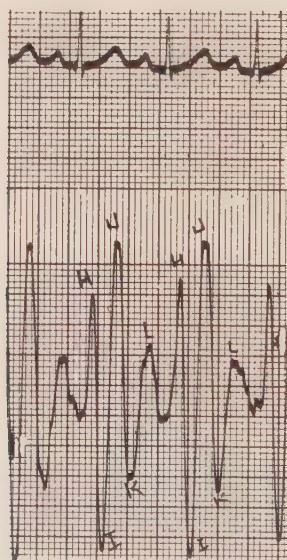
### DU BALISTOCARDIOGRAMME NORMAL

- F. - Premier accident positif - pour certains, correspond à la systole auriculaire.
- G. - Premier accident négatif - correspondrait à la fin de la systole auriculaire.
  - Ces ondes sont inconstantes ; pratiquement la première onde intéressante est l'onde H.
- H. - Premier accident positif constant.
  - Synchrone de la dernière onde nette du premier train d'onde du phonocardiogramme.



B.C.G. normal

Remarquer la présence des ondes F et G, les variations respiratoires



B.C.G. normal en inspiration soutenue, forcée :  
disposition des variations respiratoires

- Correspond à la fin de la contraction auriculaire pour Nickerson.
- A la composante verticale du choc de la pointe pour Hamilton.
- Aux deux réunis pour De Lalla.
- Début de la contraction isométrique ventriculaire établi par le tracé kymographique (Jonnart).
- Sommet de l'onde C du phlébogramme.
- Diminue d'amplitude au cours de l'inspiration ; augmente au cours de l'expiration.

I. - Accident négatif.

- Début de la branche ascendante du pouls fémoral.
- Arrivée du sang dans l'aorte ascendante et l'artère pulmonaire.
- Synchrone de l'onde anacrote du pouls carotidien.

J. - Onde positive.

- Synchrone de l'ascension du pouls carotidien.
- Sommet de l'onde T de l'E.C.G.
- Correspond à la décélération de l'ondée sanguine dans l'aorte ascendante et son accélération dans l'aorte descendante.

K. - Onde négative, s'approfondissant légèrement au cours de l'expiration.

- Synchrone du 2e bruit du phonocardiogramme.
- Synchrone de fin de la branche descendante ; de T de l'E.C.G. quand elle revient à la ligne isoélectrique.
- Synchrone du ressaut diastolique du tracé aëzien.
- Synchrone de l'onde dicrote du pouls carotidien et de l'ascension de l'onde du pouls fémoral.
- Synchrone avec le pouls huméral au pli du coude.
- Synchrone de la fermeture des valvules semi-lunaires.
- Correspond à la décélération de l'ondée sanguine dans l'aorte descendante et au choc contre les résistances périphériques.

L. - Onde positive.

- Synchrone des fermetures des valvules auriculoventriculaires.
- Synchrone de l'incisure du sphygnogramme carotidien.
- Le plus souvent synchrone de la fin du 2e bruit.
- Correspond au début du relâchement diastolique.

M. - Pas de synchronisme précis.

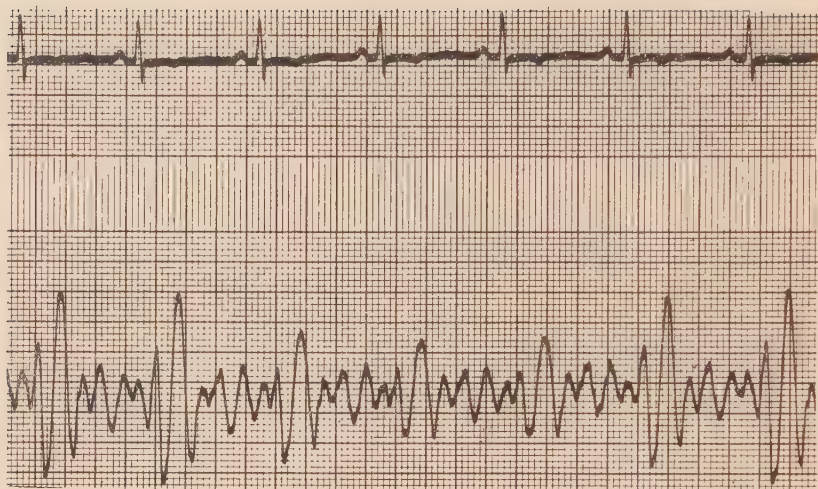
- Serait pour certains (Jonnart), synchrone du pouls tibial.
- Remplissage diastolique rapide.

N. - Synchrone du 3e bruit.

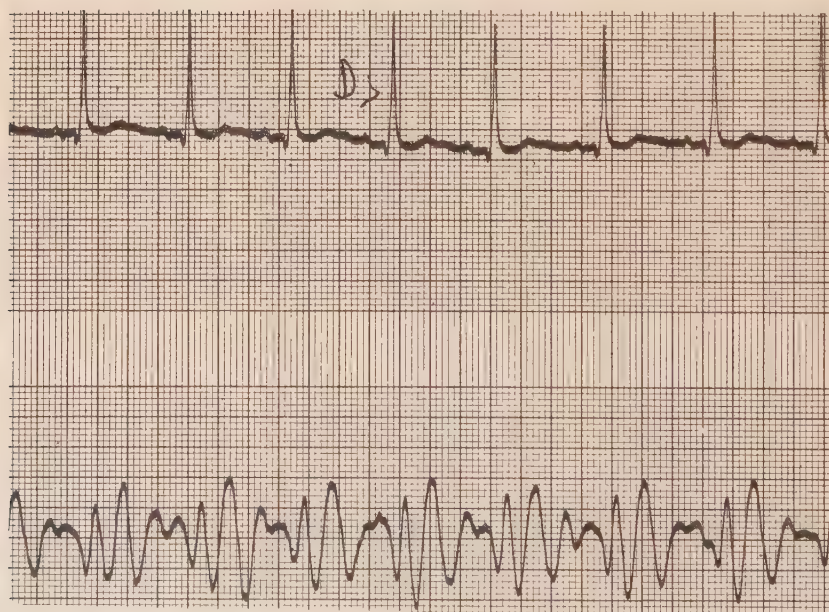
- Synchrone de l'onde V du phlébogramme.
- Correspond à la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires.

O. - Pas de synchronisme précis.

L'interprétation de ces dernières ondes est très discutée ; les auteurs ne sont pas arrivés à des déductions précises, sauf, toutefois, quant à l'amplitude de ces ondes ; la majorité semble d'accord pour dire qu'une grande amplitude correspond à une grande vitesse de réplétion diastolique du cœur.



B.C.G. normal chez un sportif avant repas



après repas

## DUREES :

|      |   |                                        |
|------|---|----------------------------------------|
| H.   | = | 0,05 seconde en moyenne de 0,04 à 0,08 |
| I.J. | = | 0,06 seconde en moyenne                |
| I.K. | = | 0,14 seconde en moyenne                |
| P.H. | = | 0,17 seconde en moyenne de 0,12 à 0,20 |
| Q.I. | = | 0,18 à 0,24                            |

## CAUSES D'ERREURS EN BALISTOGRAPHIE

Comme l'on s'en doute, les causes d'erreurs de la Balistographie sont aussi multiples que variées, pouvant venir, soit du principe même de la Balistographie, soit du patient étudié.

### *1 - Causes d'erreurs liées au principe même de la Balistographie*

Les premières tiennent au peu d'amplitude du mouvement à enregistrer, quelle que soit la méthode utilisée. Au cours de nos premiers essais, le hasard a voulu que nous enregistrons un nombre considérable d'ondes parasites. Il suffisait du déplacement d'une chaise, d'un claquement de porte violent, du passage d'un métro, etc... pour que ces parasites se traduisent par des ondes d'intensité parfois plus grande que celle du phénomène étudié et rendent le tracé pratiquement illisible. Ces causes d'erreurs faciles à déceler peuvent évidemment se produire avec une amplitude moins grande et passer inaperçues, aussi doit-on s'entourer du maximum de garantie dans le local de travail. Ces artefacts deviennent de toute façon minimes et sont pratiquement négligeables si l'on travaille en hyperamorti, suivant la méthode de Dock.

Lors de nos premiers essais avec bobine, nous enregistrons en outre le 50 périodes du courant normal de la ville. La réalisation d'une cage de Faraday étant difficile et coûteuse, nous avons adopté notre système, dont tous les éléments sont enfermés dans des boîtes en aluminium reliées à la masse, ce qui nous permet d'éliminer les parasites extérieurs ; les fils de jonction eux-mêmes doivent être blindés.

Le choix du lit a évidemment une importance considérable ; il est impossible de travailler avec un sommier à ressorts ou à lames métalliques, tels que ceux des lits de l'Assistance Publique ; ces derniers donnent des ondulations linéairement amorties qui entraînent des tracés dont on ne peut tirer aucune conclusion.

Mais les causes de parasites physiologiques ou appartenant à la pathologie extra-circulatoire sont impossibles à éliminer par dispositif ou appareillage quelconque. Tous les organes sont plus ou moins liés entre eux et répercutent les uns sur les autres - c'est un lieu commun. De toute façon, tout mouvement d'un organe entraîne un déplacement du corps tout entier, qu'il s'agisse par exemple de péristaltisme, de contraction musculaire.

Ces mouvements ne sont pas obligatoirement perçus par les sens de l'expérimentateur, ni même du patient, mais peuvent se traduire sur le tracé après passage dans les amplificateurs par des ondulations de grande amplitude.

## 2 - Causes d'erreurs liées au patient étudié

### A. Physiologiques

Ni le froid ni la chaleur ne jouent sur la morphologie des tracés ; seules, des modifications d'amplitude peuvent survenir.

En effet, Brown a remarqué que :

*Le froid* entraîne une baisse d'amplitude de I.J.K., principalement lors de l'expiration.

*La chaleur* agit en sens inverse et peut entraîner une légère augmentation d'amplitude.

*L'effort physique* type marche, course ou gymnastique, s'il est assez violent, entraîne chez le sujet sain une augmentation d'amplitude de K et une disparition de l'onde M telle que l'on obtient une large onde en dôme avec réapparition de M plus ou moins rapide au cours du repos et retour du tracé à la normale ; les ondes L et N s'individualisent à nouveau, au fur et à mesure que le repos se poursuit.

*Le tremblement musculaire*, quelle que soit sa cause, est l'un des phénomènes les plus gênants pour le praticien. Ces mouvements rapides viennent se surajouter aux ondes normales, sans qu'il soit possible bien souvent de lire de tels tracés.

Les tremblements dits émotifs peuvent à la rigueur être éliminés en mettant le patient en confiance, en l'installant correctement sur le lit d'expérience. Mais les tremblements pathologiques ne pourraient être éliminés que par l'interposition dans le circuit d'un filtre ; et encore tout dépend de la fréquence du tremblement. On sait que, pour ne pas trop déformer le tracé, les capacités filtres ne doivent pas dépasser 22 microfarads, mais bien des fois, le tremblement "passe" quand même, sa fréquence ne permettant pas son élimination par une telle capacité.

*Les tics nerveux* entraînent eux aussi des ondes parasites, mais facilement reconnaissables par leur synchronisme avec les mouvements involontaires.

*La digestion* entraîne une augmentation d'amplitude de J.K. chez le sujet jeune et sain, avec faible diminution des variations respiratoires.

Par contre, chez le coronarien, on assiste à une diminution d'amplitude des complexes avec augmentation paradoxale des variations respiratoires. Ce phénomène est tellement net que Berman et ses collaborateurs ont proposé le test du repos, plutôt que l'effort classique, pour sensibiliser l'examen devant toute suspicion de coronarite.

*La grossesse* normale et dans les premiers mois, d'après l'étude de Da Costa, entraîne :

- 1) Variations respiratoires augmentées dans un peu plus de la moitié des enregistrements.
- 2) Une onde K profonde dans les 2/3 des tracés.
- 3) K très fréquemment élargie.
- 4) Toutes les ondes systoliques augmentées d'amplitude dans plus de 50 % des cas.
- 5) Onde J diminuée fréquemment.

### *B. Causes d'erreurs liées à certains états de la pathologie extra-circulatoire*

*Le fibrome utérin*, pour perturber le B.C.G., doit avoir un volume assez important ; De Soldati signale dans plusieurs cas de fibrome une augmentation de J.K. et une diminution de H.I.

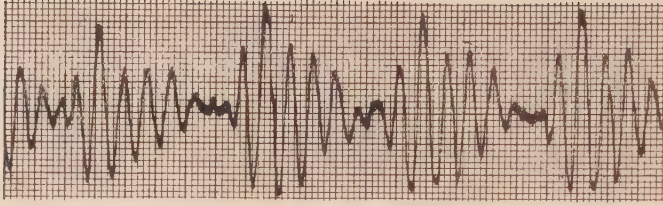
*L'emphysème pulmonaire* entraîne une diminution d'amplitude des complexes, tant systoliques que diastoliques, et une augmentation des variations respiratoires. Morphologiquement, on constate une onde I souvent crochétée, voire même dédoublée. Krohl attribue cette modification à des perturbations hémodynamiques dans la circulation pulmonaire. De plus, K est très souvent de petite dimension.

*Les dyspnées*, notamment la dyspnée asthmatiforme ou les tachypnées, rendent bien souvent les tracés anarchiques, tant par les mouvements musculaires, intercostaux, diaphragmatiques, abdominaux, que par les modifications des rythmes respiratoires elles-mêmes et les troubles de l'hémodynamique pulmonaire.

*La collapsothérapie*, comme on s'en doute, modifie amplement le profil des tracés, du moins dans le pneumopéritoine et dans le pneumothorax bilatéral. Bozal, Urzay, Merlen, Alonso, dans leur très belle étude du B.C.G. au cours de la tuberculose pulmonaire, ont noté dans ces deux cas une baisse importante de l'amplitude des complexes, tant systoliques que diastoliques, avec une diminution très importante des pointes négatives I et K et un raccourcissement des séquences H.I. et J.K. ; enfin des variations respiratoires pratiquement nulles.

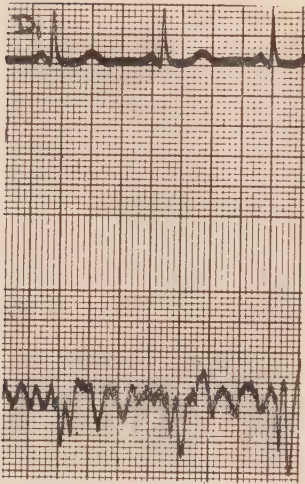
Ces auteurs interprètent ces phénomènes, non comme une modification de fonctionnement de l'appareil cardiovasculaire, un tel type d'anomalie ne se rencontrant que dans les insuffisances cardiaques sévères avec épanchements, mais de la façon suivante :

*"La diminution d'amplitude des complexes semble résulter de l'amortissement des chocs balistiques cardiaques par abaissement des pressions négatives pleurales et abdominales, une perturbation de la circulation de retour intrathoracique, une réduction du lit vasculaire pulmonaire, et enfin d'une réduction de la vitesse de déjection ventriculaire."*

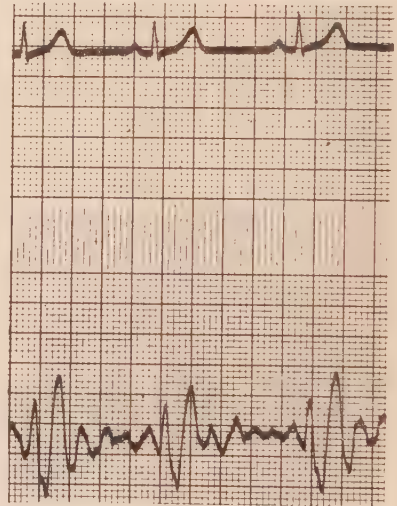


Artefact : lit à lames métalliques

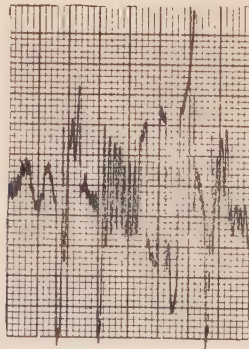
Causes d'erreurs de la pathologie extra-circulatoire



Cirrhose éthylique  
avec épanchement



Grossesse 7ème mois



borborygmes

Ce dernier point entraînant une augmentation de résistance pulmonaire (Lopo de Carvalho, 1940). De plus, ces auteurs pensent que *"le débit du ventricule droit s'équilibre avec celui du ventricule gauche, probablement par gêne du 1er et augmentation du 2e."*

*"La faible amplitude du Balistogramme tient également à l'amortissement des forces balistiques cardiaques par l'écran gazeux réalisé dans le thorax par le pneumothorax bilatéral et dans l'abdomen par le pneumopéritoine. Il semble difficile de définir, dans l'état actuel de nos recherches, la part jouée par cet amortissement."*

La toux entraîne des pointes paroxystiques de très grande amplitude, comme la logique pouvait le faire prévoir.

Par analogie de tracé, on peut citer le même genre de pointes au cours de la période digestive ; nous avons pu enregistrer après un repas, chez un de nos collègues, des ondulations rapides et de grande amplitude, pendant que nous percevions des borborygmes.

Le syndrome de Koenig entraîne des modifications importantes de type analogue aux précédentes, pouvant au maximum rendre le tracé illisible ou totalement anarchique.

Au cours d'une *Cirrhose éthylique* avec gros épanchement, on peut avoir, sur la partie dite diastolique du tracé, une augmentation d'amplitude par rapport à I.J.K. avec un amortissement progressif de type pendulaire, vraisemblablement dû à un mouvement du liquide intra-abdominal.

Enfin, insistons sur le fait que *les rythmes cardiaques rapides*, au cours des fièvres particulièrement, de par le rythme rapide lui-même, donnent des tracés difficiles à interpréter et particulièrement illisibles si le rythme atteint 140.

## LE BALISTOCARDIOGRAMME PATHOLOGIQUE

Dans l'interprétation des courbes pathologiques on doit chercher beaucoup plus les modifications morphologiques que les modifications d'amplitude de la courbe, tout au moins d'amplitude globale. Par contre il est intéressant de retenir les variations d'amplitude d'un des accidents de la courbe, par rapport à l'autre, ou même d'un complexe par rapport à l'autre, qu'il soit systolique ou diastolique.

Autrement dit on doit faire de la balistographie qualitative beaucoup plus que de la balistographie quantitative.

Lorsque le rythme cardiaque est peu rapide et régulier et que de plus, la lésion cardiaque est peu évoluée, pure et non décompensée, le tracé BG est régulier et des plus aisé à lire et chaque complexe montre des déformations qui, si elles ne sont pas pathognomoniques de l'affection causale, permettent de confirmer le diagnostic ou de suivre l'évolution de la maladie. Mais ce

n'est pas toujours le cas et les tracés sont souvent plus difficiles à interpréter. Certains auteurs ont donc été amenés à proposer une classification un peu arbitraire en différents degrés pathologiques, mais qui a le mérite d'avoir une incidence pronostique et surtout d'être un élément de comparaison pour suivre l'évolution. On comprend donc l'essai de classification proposé par Brown, Hoffman et De Lalla en 5 degrés, ou par Dock et Mandelbaum, qui ne considèrent que 4 degrés en rangeant dans la même catégorie les degrés 0 et 1 de Brown et de ses collaborateurs ce qui nous donne en résumé :

Degré 0 - Tracés nets, complexes réguliers, régulièrement espacés, identiques à eux-mêmes avec bonne variation d'amplitude respiratoire.

Degré 1 - Complexes nets, régulièrement espacés, mais pouvant être déformés dans une proportion inférieure à 50 %, modifications respiratoires au-dessous de la normale.

Degré 2 - Plus de 50 %, mais moins de 100 % des complexes sont altérés.

Degré 3 - Tous les complexes sont déformés mais reconnaissables, variations respiratoires très modifiées.

Degré 4 - Pas de complexe systolique reconnaissable, tracé anarchique.

Le professeur D. Sibilla, de Rome, schématise 8 types d'anomalies stéréotypées :

- Les complexes systoliques de petite et grande amplitude retrouvés chez les hyper ou hypokynémiques ;
- La faible amplitude des ondes systoliques, contrastant avec la grande amplitude des ondes diastoliques, traduit l'augmentation de la pression veineuse ;
- Le complexe en M précoce, important dans la traduction des troubles coronariens ;
- L'onde K profonde et d'apparition retardée, apanage des troubles de l'hypertension artérielle ;
- Le complexe en M tardif, d'interprétation difficile et controversée.

Enfin, deux types restent inexploqués par cet auteur :

- Le complexe sigma : H large ; IJ petite ; K large ;
- Le complexe à trois pointes initiales et de même amplitude HJL.

Cette description paraît un peu théorique. Il faut se méfier d'une interprétation stéréotypée avec déduction quasi-mathématique des images balistiques. Comme pour les autres méthodes paracliniques, l'interprétation doit tenir compte du faisceau des autres symptômes, et plus encore que dans toute autre méthode, des antécédents pathologiques surtout cardio-vasculaires et de la possibilité d'autres affections en cours ou débutantes. Enfin, il faut toujours tenir compte des constances de l'appareil et de la possibilité des distorsions propres à chaque lecteur, table ou filtre.

Quoiqu'il en soit, essayons de schématiser les anomalies morphologiques que l'on peut rencontrer dans quelques affections cardio-vasculaires.

*Dans le rétrécissement mitral :*

- 1° - Dédoubllement de H dans plus de 1/3 des cas pour De Soldati et Merlen, lésion contestée par Di Giuseppe qui l'attribue à l'injection de R de l'électrocardiogramme sur le tracé BG, en tant que repère chronologique.
- 2° - Atypie de I signalée par Davis dans environ 37 % des cas.
- 3° - La majorité des auteurs insistent sur la diminution relative de I et J dont l'apparition est retardée.
- 4° - Dock, Merlen et De Soldati mettent l'accent sur l'augmentation d'amplitude de L, respectivement dans 1/3, 1/2, 3/4 de leurs cas, bien que De Soldati et Dock ne soient pas en accord sur l'interprétation de ce phénomène, Dock l'attribuant à une cardite rhumatismale, De Soldati et Di Giuseppe à la lésion valvulaire elle-même.
- 5° - De plus, N est fréquemment d'amplitude augmentée.

*Dans le rétrécissement aortique calcifié :*

Dock et Brown soulignent le contraste d'une branche IJ grande, ample, et une branche JK petite, courte, retardée, entraînant une onde K, faible, voire même parfois absente. On doit en rapprocher la *coarctation de l'aorte* avec I profond et K raccourci, aplati, de même, dans la *maladie de Leriche* voir thromboses des iliaques primitives : donc, tout syndrome "d'obstacle" aortique.

*L'insuffisance aortique* entraîne une grande déflexion JK surtout aux dépens de la branche J. L'onde I est normale ou augmentée d'amplitude, parfois diminuée, donc variable. Smith a insisté sur la valeur d'un crochetage de l'onde J pour traduire une fuite aortique même légère.

L'insuffisance mitrale n'entraîne pas de modifications nettes et tous les signes sont controversés.

*Les blocs de branches* ont une traduction balistographique inconstante. Pour avoir une courbe avec modifications caractéristiques l'asynchronisme de contraction doit être supérieur à 0,07 seconde.

Pour le bloc droit : faible amplitude de I et de K contrastant avec une onde L nettement amplifiée par rapport à la normale, donnant l'aspect d'un complexe en M précoce. L'augmentation de L semble le fait le plus caractéristique, le segment IK est toujours très allongé, souvent double de la normale.

Pour le bloc gauche on retrouve encore une onde L très augmentée d'amplitude, souvent crochetée, voire bifide ; l'amplitude de K est variable, souvent crochetée, en cupule.

*Le syndrome de Wolff, Parkinson, White* n'a pas de traduction balistographique.

*L'insuffisance cardiaque* ne présente pas de profils spécifiques ; les complexes sont de faible amplitude, variables suivant l'affection causale. En cas

d'insuffisance ventriculaire gauche, la plupart du temps on remarque une prédominance des ondes K et L avec allongement de la durée de IK. Les insuffisants cardiaques avec grosse décompensation, œdèmes périphériques ont des B.C.G. du type 4 décrit par Brown, c'est-à-dire des tracés très perturbés ou anarchiques, mais on peut trouver tous les degrés, depuis la simple augmentation des ondes K et L, de l'IVG, jusqu'à l'aspect 4.

Dans la sténose congénitale de l'isthme de l'aorte, on peut constater une onde I particulièrement ample, acuminée, contrastant avec une onde K très courte, parfois en plateau ou bifide.

Dans le syndrome de Leriche les ondes I et J ont également une grande amplitude contrastant encore avec une onde K parfois diminuée, crochetée.

Il semble que l'intérêt du balistocardiogramme en tant qu'élément de diagnostic ne soit pas toujours d'une importance prépondérante dans les affections cardio-vasculaires précédemment citées. Dans ces affections, les différents signes cliniques sont le plus souvent suffisamment explicites pour poser leur diagnostic et le complément d'information demandé aux méthodes paracliniques s'adressera aussi volontiers à la phonocardiographie, électrocardiographie... qu'à la balistocardiographie. Le balistogramme n'est, à ce moment là, qu'un élément documentaire d'appoint. Mais, dans d'autres affections, par exemple l'infarctus du myocarde ou la maladie coronarienne, le B.C.G. prend une importance indéniable et devient un élément diagnostique parfois de première importance. En effet, *dans l'angine de poitrine*, le balistocardiogramme peut devenir un argument important pour suspecter, voire affirmer, l'organicité d'une douleur précordiale sans traduction pour les autres méthodes paracliniques. Là encore, nous devons nous référer à l'école américaine qui, pratiquant cette méthode depuis un temps déjà fort long, peut nous fournir des statistiques importantes. Starr a pu suivre pendant plusieurs mois des patients chez qui il avait prélevé des tracés de façon systématique et chez qui ces tracés s'étaient révélés être anormaux. Après un laps de temps variable, parfois plusieurs années, ces malades ont fait des crises d'angor typique avec tracé électrocardiographique alors anormal.

Le B.C.G. peut ne pas être anormal d'emblée et ne le devenir qu'après différents tests. De nombreux tests ont été proposés pour "sensibiliser" la méthode. On peut utiliser tous les tests d'efforts classiques, le test du double escalier de Master par exemple, mais il semble que dans le cas particulier de l'angine de poitrine, l'un des meilleurs soit le test du repas proposé par Berman. Cet auteur préconise de prélever un tracé avant et une demi-heure après un repas assez copieux. Chez les coronariens on obtient au minimum une diminution d'amplitude de l'ensemble du tracé au lieu d'une augmentation, une absence de variations respiratoires.

D'autres auteurs insistent sur la valeur diagnostique du B.C.G. dans la maladie coronarienne. Taymor et ses collaborateurs estiment qu'il est le complément indispensable de l'E.C.G., par suite du nombre des coronariens sans traductions électrocardiographiques. Pour Chesky, 75 % de ses malades suspects de cette maladie examinés avant l'effort et ayant un E.C.G.

normal avaient un B.C.G. anormal, alors que la totalité de ces malades avaient un tracé anormal après le test du repas.

Nous pensons donc que dans l'état actuel de la balistographie, un tracé anormal chez un patient se plaignant de douleurs précordiales, doit au moins avoir la valeur d'un "signal d'alarme" pour reprendre l'expression de Mervlen et faire suspecter une organicité. La prudence exigerait donc que l'on renouvelle de façon systématique chez de tels sujets, des examens complets et rapprochés, pour pouvoir dès que possible "surprendre" le début clinique habituel de la maladie.

Les signes B.C.G. sont : une augmentation des variations respiratoires contrastant, comme nous l'avons vu, avec une diminution paradoxale après le repas test ; une diminution d'amplitude de l'ensemble des complexes, complexes en M précoce ; enfin, la possibilité de courbes irrégulières avec degré 3 ou 4.

*L'infarctus du myocarde* présente des signes analogues, toutefois on rencontre assez fréquemment une atypie de JK avec crochetage voire aplatissement du sommet de ces ondes. Il est intéressant de noter que, ni la topographie, ni l'étendue de l'infarctus ne jouent sur le B.G. En réalité, le véritable intérêt du B.C.G., au cours des infarctus du myocarde, réside moins dans la valeur diagnostique que comme élément de pronostic, comme nous le verrons tout à l'heure.

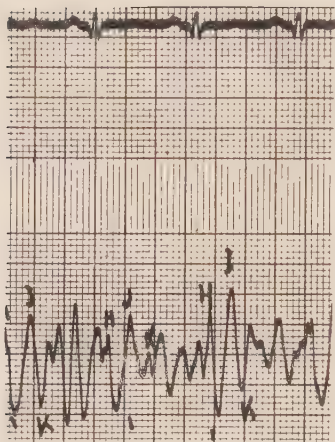
Nous avons affirmé que le B.C.G. était la traduction graphique des mouvements transmis au corps tout entier par la contraction cardiaque et le cheminement de l'ondée sanguine dans l'arbre artériel.

Au cours des arythmies, le B.G. nous fournit de très intéressants renseignements quant à l'efficiencia de la contraction cardiaque et l'éjection ventriculaire.

Dans les arythmies extrasystoliques, les enregistrements balistiques sont d'une variabilité extrême suivant le type de l'extrasystole, et surtout le temps de remplissage ventriculaire ; les renseignements fournis sont intéressants pour une étude de l'hémodynamique.

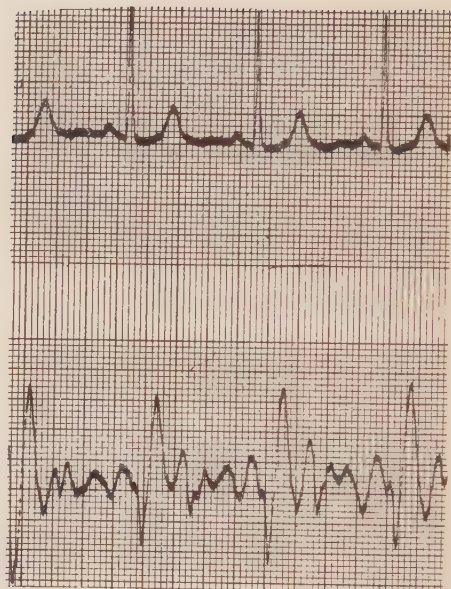
Les renseignements sont souvent discordants avec les résultats fournis par l'E.C.G. et même la piézographie, dont le tracé fournit une évaluation de la résistance périphérique et non du débit sanguin proprement dit. Nous ne voulons pas dire que la balistographie permette de déterminer le débit ventriculaire, mais elle permet empiriquement de voir si la contraction extrasystolique est effective ou non. Au cours des arythmies complètes, on obtient le plus souvent des tracés assez anarchiques du degré 3 ou 4.

Nous concluons donc, avec Brown et ses collaborateurs, de ce volontairement court exposé, qu'un balistogramme normal exclut une insuffisance cardiaque avec débit circulatoire diminué, un rétrécissement aortique calcifié, une péricardite constrictive, une insuffisance myocardique (suite d'hypertension artérielle par exemple). Mais un tracé ne peut exclure une augmentation du débit systolique dans les hyperthyroïdies, les anémies, les anévrismes artériovéneux, les hypertensions artérielles sans atteintes ni décompensations du muscle cardiaque, ni les cardiopathies valvulaires ou congénitales sans décompensation cardiaque.

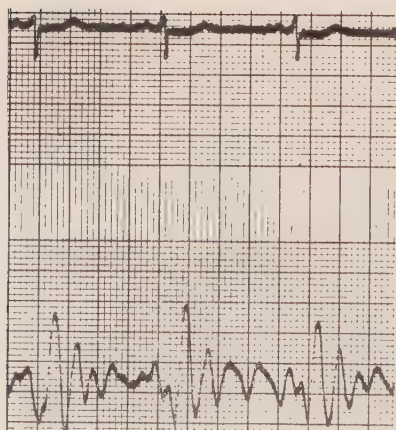


Ancien infarctus  
+ hémiparésie spasmodique

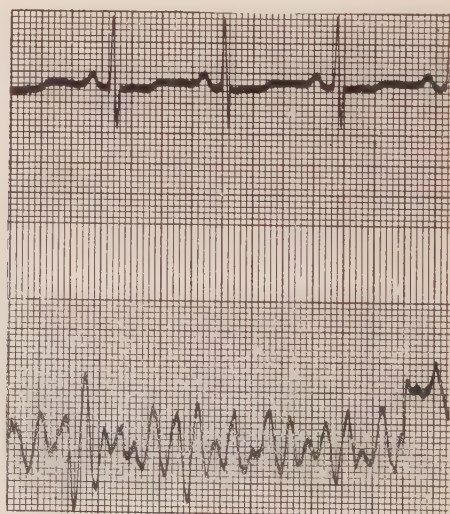
Oscillations = 0  
aux 2 M.I. degré 3



Ancien infarctus (1 an)  
+ insuffisance aortique

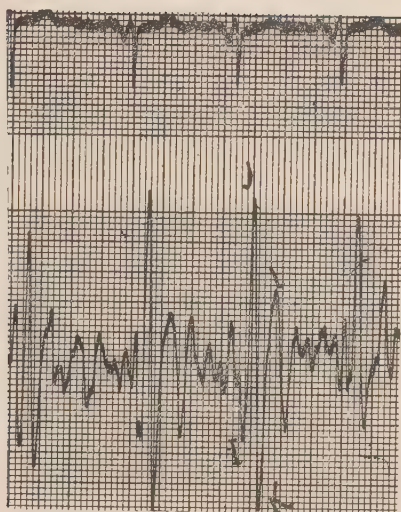


coronarite + I.V.G.

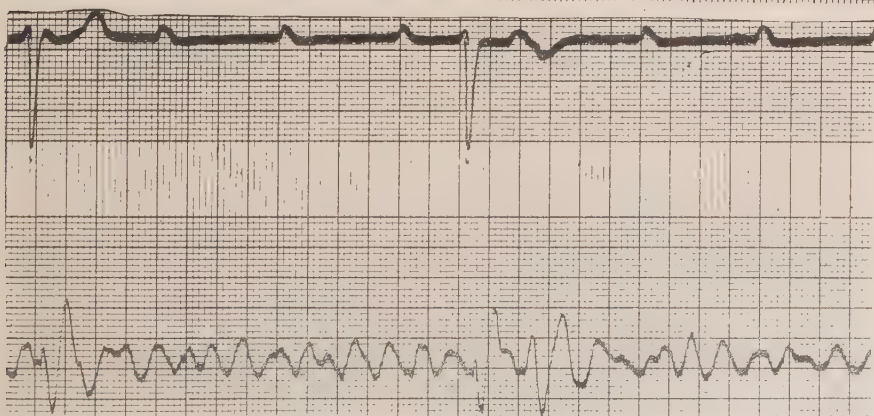
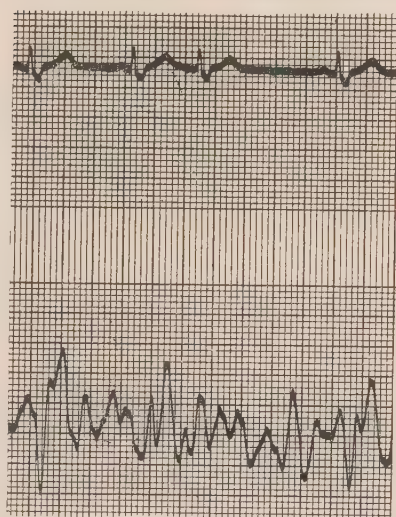
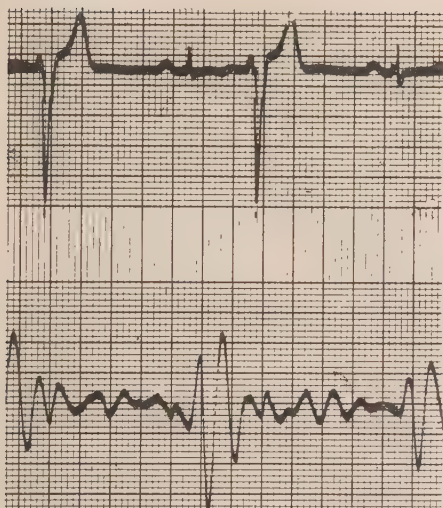


Rétrécissement aortique calcifié  
degré 3

Maladie de Leriche



Bigeminisme



## ETUDE DU PRONOSTIC

Nous avons vu que l'insuffisance cardiaque ne donnait pas de profils balistiques spécifiques, donc que la balistographie n'apportait aucun document quant au diagnostic mais cette méthode permet de suivre l'évolution, et de matérialiser, par des tracés successifs, le bienfait retiré par le malade de la thérapeutique. Il peut ainsi être utile de conserver des documents permettant de juger dans quelle mesure une amélioration physique, une efficacité plus grande de la valeur du "coup de pompe cardiaque", de la circulation sanguine, accompagne une amélioration fonctionnelle apparente avec les diverses médications administrées.

Une étude fort intéressante a d'ailleurs été publiée à ce sujet par Sebastiani et Concina. Ces auteurs ont étudié, pendant un temps parfois fort long, une série de malades traités par des thérapeutiques tonicardiaques, principalement digitaline et strophantine et ont suivi, graphique en main, l'efficacité de leur médication. Ils ont enregistré systématiquement un tracé toutes les semaines et ont pu ainsi constater l'existence d'un parallélisme net entre la rétrocession des signes pathologiques et l'amélioration progressive de l'image du balistocardiogramme.

Certainement plus grand est l'intérêt de l'étude systématique du B.C.G. dans l'infarctus du myocarde. L'école américaine et Mandelbaum et ses collaborateurs en particulier se sont attachés à cette étude ; ils ont publié le résultat d'une étude portant sur cent malades, ayant résisté à un infarctus du myocarde, mais n'ayant pas fait d'autres foyers de nécrose. Ces patients ont été suivis régulièrement et ont subi des tracés en série à l'aide de l'appareil portatif de Dock sur 18 à 24 mois. Ces auteurs constatent une rétrocession constante et progressive des images pathologiques primitivement observées et insistent sur le fait que l'amélioration des profils balistographiques n'est pas obligatoirement parallèle aux signes électrocardiographiques.

La balistocardiographie peut donc entrer dans l'arsenal des méthodes paracliniques susceptibles d'aider à l'étude de l'évolution et du pronostic des infarctus du myocarde et ainsi donner un argument de plus dans la discussion parfois angoissante d'une éventuelle reprise de travail chez un ancien porteur d'infarctus.

Au cours des coronarites, on peut tirer les mêmes avantages d'une étude balistographique systématique et étendue que dans les infarctus.

Les tracés prélevés régulièrement permettent, là aussi, de suivre l'évolution, l'amélioration et la valeur de la guérison avec la reprise de l'activité. Il va sans dire que les tracés doivent être prélevés tant au repos qu'après effort, voire même après épreuve du repas.

Ces quelques exemples montrent l'intérêt de l'étude balistographique, de l'évolution des différentes affections cardiaques et des arguments que l'on

peut en tirer, pour porter un pronostic aussi bien immédiatement qu'à longue échéance.

Dans l'hypertension artérielle, là encore, la balistographie permet de porter avec un pronostic de l'affection, à condition que les tracés, pris dans les mêmes conditions, soient prélevés régulièrement et suffisamment fréquents.

Scarborough a décrit une évolution "type" de l'HTA avec augmentation d'amplitude de N puis de K, puis diminution d'amplitude de HIJ, enfin apparition d'atypies de J, un tel ensemble aboutissant plus ou moins rapidement à un tracé de degré 4. Il faut évidemment se méfier d'une interprétation trop stéréotypée. Pour Starr, l'onde K profonde contrastant avec des ondes HI, voire J de faible amplitude, serait caractéristique du symptôme hypertension.

Quoiqu'il en soit et quel que soit le profil de départ, il permet de suivre et de vérifier l'efficacité d'une thérapeutique médicale, voire même chirurgicale, mais surtout de dépister un début de retentissement de l'hypertension sur le myocarde et par suite, la possibilité de traiter précocement une décompensation cardiaque débutante.

Pour terminer, nous signalerons l'intérêt de la balistographie dans la chirurgie cardiovasculaire. S'il n'y a pas d'arguments balistographiques suffisamment formels pour poser ou même aider à poser une indication opératoire, cette méthode permet d'objectiver les suites opératoires. En effet, nul n'ignore qu'après la commissurotomie, par exemple, les signes fonctionnels sont améliorés parfois d'une façon très spectaculaire, alors que la plupart des signes physiques, tant cliniques que paracliniques, persistent mais le balistocardiogramme lui, se trouve souvent très amélioré, les signes les plus pathologiques du tracé initial disparaissent, parfois après une courte période d'aggravation paradoxale.

Il en est de même de toutes les opérations cardiovasculaires.

Peut-être est-ce encore dans la cure radicale de la coarctation de l'aorte, que l'on peut se rendre compte de la façon la plus spectaculaire de l'intérêt de la balistographie. En effet, la coarctation présente des signes balistographiques nets et purs : une onde I très ample contrastant avec une onde K de très faible amplitude. Or, tous ces signes disparaissent très rapidement dès l'opération et le balistogramme présente alors un aspect normal.

## INTERET DE L'UTILISATION DU BALISTOCARDIOGRAMME

La technique de la balistographie se heurte à des difficultés d'inscription de la courbe, en raison de la faible amplitude du mouvement enregistré, et d'interprétation, vu la multiplicité des phénomènes qui entrent en jeu.

La nécessité d'un apprentissage de cette méthode nouvelle, à laquelle nous avons dû également nous soumettre, explique pour une grande part son emploi encore restreint, en France.

D'après les quelque deux cents tracés que nous avons faits avec un appareil de notre fabrication, selon la méthode de Dock, la balistographie ne nous semble pas justifier, ni l'enthousiasme sans mesure, ni le dédain qu'elle a tour à tour suscité. Elle présente dans un certain nombre de cas un intérêt indéniable du point de vue clinique, et plus encore du point de vue pronostic.

*La valeur diagnostique* du balistocardiogramme nous est apparue surtout dans les circonstances suivantes où la prise d'un tracé nous semble justifiée :

Devant un symptôme fonctionnel tel qu'une douleur précordiale, où l'électrocardiogramme ne montre pas d'anomalies typiques d'un syndrome coronarien, la balistographie peut être d'un certain secours, mais si la plus grande prudence doit présider à l'interprétation des courbes et aux conclusions à en tirer, il nous paraît certain qu'un B.C.G. anormal doit faire suspecter l'organicité des troubles existants et pour le moins inciter à répéter des examens de façon périodique et rapprochés.

Le B.C.G. est d'une grande utilité pour le dépistage précoce d'un déséquilibre cardiovasculaire dont la traduction clinique pourrait n'apparaître que dans un temps parfois assez éloigné du début des manifestations balistographiques. L'école américaine a particulièrement insisté sur ce fait, à tel point qu'avec un tracé anormal un candidat peut se voir refuser un poste de sécurité dans une entreprise. Actuellement, aux U.S.A., on exige de tout pilote d'avion à réaction un B.C.G. normal.

Dans une cardiopathie organique de type valvulaire, un rétrécissement aortique calcifié ou une coarctation de l'aorte, le diagnostic est porté par la clinique et le tracé balistographique n'apporte qu'une confirmation du diagnostic et peut être considéré comme superflu.

Enfin, devant une cardiopathie à son début, où un signe quelconque fait suspecter la possibilité d'une étiquette précise, mais où les autres symptômes sont absents ou discordants, il semble que la balistographie ne peut apporter d'arguments suffisamment péremptoirs pour affirmer un type précis d'affection. Elle n'est cependant pas inférieure comme valeur à toutes les autres méthodes paracliniques. Dans ce cas, un B.C.G. anormal ne peut qu'orienter le diagnostic et souligner l'organicité de la maladie.

Si la balistographie, méthode encore en plein essor, n'apporte que rarement des arguments décisifs pour porter un diagnostic, c'est un *élément de pronostic* de première importance. Nous pouvons apporter à l'appui de cette affirmation les arguments suivants :

- Dans la coarctation de l'aorte les signes graphiques pathologiques de l'affection sont très nets. Or, ces signes disparaissent après la cure chirurgicale, tandis que le B.C.G. revêt un aspect normal.

- Les malades commissurotomisés pour rétrécissement mitral sont bien souvent très améliorés du point de vue fonctionnel et très fréquemment conservent les signes stéthacoustiques, cliniques en général, et paracliniques

qui ont contribué à poser l'indication opératoire. Par contre, les profils balistiques montrent une amélioration parfois importante.

- L'amélioration thérapeutique médicamenteuse peut également être mise en évidence, en prenant régulièrement des tracés au cours des différentes affections pouvant toucher l'appareil cardiovasculaire. On peut aussi matérialiser l'efficacité thérapeutique, qu'elle soit spécifique ou non : il existe alors un net parallélisme entre l'évolution de la cardiopathie et du tracé.

- Dans les suites d'infarctus du myocarde, l'intérêt pronostique est particulièrement évident : on assiste à une rétrocession progressive des images pathologiques sans qu'il y ait pour autant parallélisme obligatoire avec l'évolution des lésions électrocardiographiques.

- Enfin, le B.C.G. dans la maladie hypertensive, comme au cours des affections circulatoires d'origine périphérique, peut aussi permettre de suivre l'évolution et de matérialiser très précocement un début de retentissement cardiaque.



## BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et publications consultés pour l'établissement de ce travail :

- BRAUNSTEIN the B.C.G.
- BRANDT J., CKACCESE A., DOCK W., SCHRAGER A. : the motion of the thorax during the hert.  
J. of clin. invest. 1951 n° 30.
- BROWN H., de LALLA V., EPSTEIN M.A., HOFFMAN M.S. : clinical balistography, édition Mac Millan, New-York (1952).
- BURGER H.D. base physique de la balistocardiographie. Congrès de Londres. Com. n° 62.
- CHESKY K., MOSER M., TAYMOR R.C., MASTER A., PORDY L. : clinical evaluation of B.G. in heart disease, hypertension, angine pectoris and myocardial infarction. Am. Heart. Journal (1951) - 42 - 388.
- COSSIO P., MOSSO H.E. : balistocardiogramme normal. Revue Argent. Cardio (1952) 19 - 110.
- DE SOLDATI L., MAVARRO-VIOLA R., MEGIA R. : le balistogramme électromagnétique chez les sujets normaux et dans la maladie coronarienne. Arc. Mal. Cœur (Fév. 1952) 45 - n° 2 - 108.
- DE SOLDATI L., MAVARRO-VIOLA R., MEGIA R. : le balistocardiogramme dans quelques lésions valvulaires et malformations congénitales. Arc. Mal. Cœur (Nov. 1952) 45 - n° 116 - 1.016.
- DI GIUSEPPE F. : le B.C.G. dans les affections valvulaires. Act. Gard. (1952).
- DELACHAUX A., PROBST G.Y., CRETIN : valeur clinique du balistogramme (1954) n° 2 - 3 - 186.
- DOCK W., MANDELBAUM H., MANDELBAUM R. : balistocardiography, édition Mosby Saint-Louis (1953).
- DONZELOT E., MILOVANOVICH J.B., HEIM DE BALSAC R., DOLIOPOULOS Th., ROGER R. : étude comparée de cent balistocardiogrammes normaux recueillis par système piézo ou photoélectrique. Arc. Mal. Cœur (1953) 46 - n° 8 - 745.
- HAMILTON relationship between the cardiac ejection curve and the balistocardiographic forces. Am. J. physiology (1945) 144 - 557.
- HENDERSON Y. : the mass movements of the circulation by a recoil curve Am. Physiol (1905) 14 - 285.

- FRANKEL A., ROTHERMICH, NORMAN : clinical experiences in balistography. *Ann. Int. Med.* (1952) 36 - 1.385.
- JONNART L. étude du balistocardiogramme humain. *Act. Cardiol* (1952) 7 - 432.
- JONNART L. et LEQUIME J. : méthode nouvelle de balistocardiographie. *Arc. Mal. Cœur* (Août 1953) 46 - 752.
- LUISADA on the time relationship of the waves of the balistocardiogram. *Act. Cardiol.* (1951).
- MANDELBAUM H., MANDELBAUM R. : Studies utilizing the portable electromagnetic balistography. The big in bundle branch block. *Circul.* (1952) 6 - 578.
- MANDELBAUM H., MANDELBAUM R. : Studies utilising the portable electromagnetic balistography, the clinical signification of serial B.C.G. following ocute myocardial infarction. *Circul.* (1953) 7 - 910.
- Mac GUIRE J., HERWITZ G., BRAUNSTEIN J. : the B.C.G. in a free clinic. *Circul.* (1952) 6 - 408.
- MERLEN J.F., DESRUELLES J. : la balistocardiographie, édit. Expansion Française (1956).
- MERLEN J.F., VANRAPENBUSCH R., CACHERA J.P. : le B.C.G. et rhéogramme vus sous l'angle de l'hémodynamique théorique. *Arc. Mal. Cœur* (1953) 4 - 366.
- MERLEN J.F. morphologie du B.C.G., critique de sa valeur diagnostique. *Arc. Mal. Cœur* (1953) 46 - n° 10.
- MERLEN J.F., TILMANT J. : base de la balistocardiographie. *Soc. Biol. de Lille* (Juin 1952).
- MERLEN J.F., CHEVAT, BOUCHEAU : le balistocardiogramme chez les pilotes d'avions à réaction. *Rev. Méd. Aéronaut.* (1955) 18 - 79.
- MOSER M., PORDY L., CHESKY K., TAYMOR R., MASTER A. : the B.C.G. in myocardial infarction : a study *Circul.* (1952) 6 - 402.
- POUMAILLOUX M. : la balistocardiographie. *Encyclopédie Médico-chirurgicale. Vol. Cœur.* 11 - 002.
- PROBST J.Y. étude théorique du balistocardiographe électromagnétique de Dock. *Cardiologie* (1954) 118 - 24.
- SCARBOROUGH W.R., DAVIS F., BAKER B., MASON R., SINGEWALD M. : a review of balistocardiography *Am. Heart J.* ; (1952) 44 - 910.
- SCARBOROUGH W.R., DAVIS F., BAKER B., MASON R., SINGEWALD M., LOSE S., FOX K. : a B.G. study of 359 apparently normal persons. *Am. Heart. J.* (1953) 45 - 161.
- SIBILIA D. balistocardiographia clinica. Edit. Sem. Rome (1953).

- STARR I. balistocardiogramme. Am. J. Physiol (1939) 127.
- STARR I. normal standards for amplitude of B.G. calibrated by force. Circul. (1955) 11 - 914.
- STARR I., MAYOK R. : on the significance of anormal forms of the B.G. Am. J. Med. (1948).
- TAYMOR R.C., PORDY L., MOSER M., MASTER A. : the B.G. in coronary artery disease. J.A.M.A. (1952) 148 - 6 - 419.



Vu : Le Président de Thèse

Professeur MOUQUIN

Vu :  
Le doyen

L. BINET

Vu  
et permis d'imprimer :

Le Recteur  
de l'Académie de Paris

Jean SARRAILH



